

ICS XX. XXX

CCS X XX

# 团体标准

## 数据中心余热回收技术要求

Waste heat recovery technical requirements for data center

(征求意见稿)

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国电子节能技术协会 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本规定 .....	2
5 余热回收条件及方式 .....	3
5.1 一般规定 .....	3
5.2 数据中心余热计算 .....	3
5.3 数据中心余热回收条件 .....	5
5.4 数据中心余热回收方式 .....	5
6 余热回收系统 .....	5
6.1 一般规定 .....	5
6.2 风侧热回收系统 .....	6
6.3 热泵热回收系统 .....	7
6.4 水侧热回收系统 .....	8
7 场地布置 .....	8
8 公用辅助设施 .....	9
8.1 供配电 .....	9
8.2 信息与智能化 .....	9
8.3 给水排水 .....	9
8.4 建（构）筑物 .....	10
9 能效评价方法 .....	10
9.1 热回收电能利用效率 .....	10
9.2 热回收率 .....	10
9.3 热回收效益 .....	10
9.4 水利用效率 .....	11
10 节能和环保 .....	11
10.1 节能 .....	11
10.2 环保 .....	11
附录 A（资料性）数据中心余热应用方式 .....	12
参考文献 .....	13

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国电子节能技术协会数据中心节能技术分会提出。

本文件由中国电子节能技术协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 数据中心余热回收技术标准

## 1 范围

本文件规范了数据中心余热回收技术的术语、基本规定、余热回收条件及方式、余热回收系统、场地布置、公用辅助设施、能效评价方法、节能和环保等。

文件适用于各类数据中心余热回收系统。

数据中心余热回收技术应遵循安全可靠、节能环保、技术先进、经济合理的原则。

数据中心余热回收技术除应符合本文件外，尚应符合国家现行有关规范、文件的规定。

## 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

## 3 术语和定义

### 3.1

**余热 exhaust heat**

生产工艺系统释放出来的可被利用的热能。

### 3.2

**取热介质 heat extraction medium**

在提取数据中心余热的过程中，参与热传递所需要的工质。

### 3.3

**可用性分析指数 availability analysis index**

数据中心余热量与热用户需热量之间的比值。

### 3.4

**匹配性分析指数 matching analysis index**

数据中心不同热源产热与其对应热用户用热之间的比值。

### 3.5

**热回收电能利用效率 heat recovery and electric power utilization efficiency**

在热回收系统中，通过回收和利用废热或低品位热源所产生的热能与IT设备耗电量之间的比值。

### 3.6

**热回收率** heat recovery rate

数据中心利用热回收设备回收的热能量与数据中心产生的废热总量的比值。

### 3.7

**热回收效益** heat recovery benefits

数据中心通过热回收设备回收的热能量节约的能源费用与热回收设备投资成本的差值。

### 3.8

**有效热回收量** effective heat recovery quantity

通过数据中心热回收模块或系统回收的热量。

### 3.9

**数据中心热回收系统** data center heat recovery system

通过热能交换技术，将数据中心运行过程中产生的废热进行回收、转换或转移，并供给其他终端用途的集成系统。

## 4 基本规定

4.1 数据中心余热回收，应与数据中心安全运行、经济效益和环境保护相协调，并符合下列规定：

4.1.1 严格遵守国家相关法律法规、规程规范及标准，落实国家和地方对环保、安全、职业健康、消防、节能等方面的规定和要求；

4.1.2 不应影响数据中心正常运行；

4.1.3 数据中心余热回收形式应根据数据中心余热资源和供热范围用途、热负荷、热媒参数，以及所在地气象条件、环保政策、热回收效益等，经综合比选确定；

4.1.4 数据中心余热回收系统应基于用热需求，按照能源梯级利用、高质高用的原则，提高能源综合利用效率；

4.1.5 数据中心余热资源的利用应符合数据中心安全设施设计的要求。

4.2 数据中心余热回收设施设计应根据数据中心场地总平面合理布置，并与工艺生产及辅助设施相协调。

4.3 数据中心余热回收系统智能化控制水平应与所在数据中心智能化水平相匹配。

## 5 余热回收条件及方式

### 5.1 一般规定

5.1.1 新建数据中心进行余热回收时应对余热资源进行预测与评估，改造数据中心进行余热回收时应对余热资源进行实测与评估。

5.1.2 用于数据中心内传热介质参数测试选择的仪器仪表应按照相关规定进行定期检定(校准), 并对检定(校准)结果进行确认。

5.1.3 改造数据中心进行数据中心余热回收系统设计时, 宜对余热系统进行节能分析和热回收效益分析。

### 5.2 数据中心余热计算

5.2.1 数据中心余热计算时应对数据中心可用性分析指数以及与热用户之间的匹配性分析指数分别进行计算。

5.2.2 数据中心余热量  $Q_s$  宜按下式计算:

$$Q_{s,i} = c_{ps,i} \cdot m_{s,i} \cdot \Delta T_{s,i} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_s = \sum_{i=1}^p c_{ps,i} \cdot m_{s,i} \cdot \Delta T_{s,i} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $Q_{s,i}$  ——数据中心第  $i$  个热源产热量, kJ;  
 $Q_s$  ——数据中心总余热量, kJ;  
 $c_{ps,i}$  ——数据中心第  $i$  个热源热回收模块换热介质比热容, kJ/(kg·K);  
 $m_{s,i}$  ——数据中心第  $i$  个热源热回收模块换热介质质量流量, kg/s;  
 $\Delta T_{s,i}$  ——数据中心第  $i$  个热回收换热器进出口介质温差, K;  
 $P$  ——数据中心总热源数。

5.2.3 热用户需热量  $Q_r$  宜按下式计算:

$$Q_{r,j} = c_{pr,j} \cdot m_{r,j} \cdot \Delta T_{r,j} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_r = \sum_{j=1}^q c_{pr,j} \cdot m_{r,j} \cdot \Delta T_{r,j} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:  $Q_{r,j}$  ——第  $j$  个用户侧需热量, kJ;  
 $Q_r$  ——用户侧总需热量, kJ;  
 $c_{pr,j}$  ——第  $j$  个用户侧换热模块换热介质比热容, kJ/(kg·K);  
 $m_{r,j}$  ——第  $j$  个用户侧所需换热模块换热介质质量流量, kg/s;  
 $\Delta T_{r,j}$  ——第  $j$  个用户侧换热模块换热介质温差, K;  
 $Q$  ——需热用户总数。

5.2.4 可用性分析指数  $UI$  宜按下式计算:

$$UI_{i,j} = \frac{Q_{s,i}}{Q_{r,j}} = \frac{c_{ps,i} \cdot m_{s,i} \cdot \Delta T_{s,i}}{c_{ps,j} \cdot m_{r,j} \cdot \Delta T_{r,j}} \dots\dots\dots (5)$$

$$UI = \frac{Q_s}{Q_r} = \frac{\sum_{i=1}^p c_{ps,i} \cdot m_{s,i} \cdot \Delta T_{s,i}}{\sum_{j=1}^q c_{ps,j} \cdot m_{r,j} \cdot \Delta T_{r,j}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：UI<sub>i,j</sub> ——数据中心第 i 个热源对第 j 个用户的可用性；

UI ——数据中心热源对热用户的可用性。

注：公式（5）（6）适用于ΔT<sub>s,i</sub>>ΔT<sub>r,j</sub>。

5.2.5 有效热回收量 Qu 宜按下式计算：

$$Q_{u,i} = c_{ps,i} \cdot m_{s,i} \cdot \Delta T_{s,i} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n \dots\dots\dots (7)$$

$$Q_u = \sum_{i=1}^p c_{ps,i} \cdot m_{s,i} \cdot \Delta T_{s,i} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n \dots\dots\dots (8)$$

式中：Q<sub>u,i</sub> ——数据中心第 i 个热源有效热回收量，kJ；

Q<sub>u</sub> ——数据中心热源总有效热回收量，kJ；

c<sub>ps,i</sub> ——数据中心第 i 个热源热回收模块换热介质比热容，kJ/(kg·K)；

m<sub>s,i</sub> ——数据中心第 i 个热源热回收模块换热介质质量流量，kg/s；

ΔT<sub>s,i</sub> ——数据中心第 i 个热回收换热器进出口介质温差，K；

P ——数据中心总热源数；

η ——数据中心余热传输至热用户侧各输配、换热环节换热效率。

5.2.6 匹配性分析指数 MI 宜按下式计算：

$$MI_{i,j} = \frac{Q_{u,i}}{Q_{r,j}} = \frac{c_{ps,i} \cdot m_{s,i} \cdot \Delta T_{s,i} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n}{c_{ps,j} \cdot m_{r,j} \cdot \Delta T_{r,j}} \dots\dots\dots (9)$$

$$MI = \frac{Q_u}{Q_r} = \frac{\sum_{i=1}^p c_{ps,i} \cdot m_{s,i} \cdot \Delta T_{s,i} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n}{\sum_{j=1}^q c_{ps,j} \cdot m_{r,j} \cdot \Delta T_{r,j}} \dots\dots\dots (10)$$

式中：MI<sub>i,j</sub> ——数据中心第 i 个热源对第 j 个用户的匹配性；

MI ——数据中心热源与用户需求的匹配性。

### 5.3 数据中心余热回收条件

5.3.1 当前通算数据中心单机柜功率范围一般为 2~5kW，一般风冷高密智算单机柜功率范围为：12~25kW；液冷高密智算单机柜功率范围为：30~48kW。高密智算单机柜所消耗的电能更多，热回收潜力更大。

5.3.2 不同数据中心发热量不同，故回收的余热量亦不同，所以可按匹配性分析指数大小，将数据中心余热资源分为三个等级，并应符合表 1 的规定。

表 1 余热资源等级

资源等级	数据中心热源对热用户的匹配性
一级	$MI < 1$
二级	$MI = 1$
三级	$MI > 1$

5.3.3 一级余热资源应通过其他热源补足或提升能量品位（可通过热泵等设备实现）后利用；二级余热资源可直接利用；三级余热资源应设置能源储存装置或制冷系统。

5.3.4 数据中心余热回收系统用于农业生产的应根据数据中心规模与所处地域进行技术经济分析。

5.3.5 数据中心余热回收系统用于制冷的应根据制冷系统的规模进行技术经济分析。

### 5.4 数据中心余热回收方式

5.4.1 根据数据中心冷却系统的不同，数据中心余热回收系统可采用风侧热回收系统、热泵热回收系统以及水侧热回收系统。

5.4.2 数据中心热源产热量满足用户需热时，直接对热量进行利用，而当热量不足时通过热泵系统将余热提升至要求温度或其他热源补足后对用户进行供热。

5.4.3 数据中心产热的质量较高且可满足热用户用热需求时，宜采用直接利用形式。

5.4.4 数据中心余热量不足以供给热用户时，宜采用间接利用形式。

5.4.5 数据中心余热回收利用时宜设置调峰热源，并应符合下列规定：

- a) 回风余热回收系统宜与其他清洁热源进行多热源联网互补调峰；
- b) 回风余热回收系统采用调峰热源时，其调峰热源规模应通过计算确定；
- c) 调峰热源应具备快速启动相应措施。

## 6 余热回收系统

### 6.1 一般规定

6.1.1 数据中心余热回收设备的布置不应影响原有数据中心冷却系统的运行；需要经常维护检修的大型设备，其上部应设置起吊装置。

6.1.2 数据中心余热回收系统制冷剂管道、水管道和风管道均应采取绝热措施，并应设硬质保护套。

6.1.3 数据中心余热回收系统中水系统补水点宜设置在循环水泵的吸入口处。当采用高位膨胀水箱定压时，应通过膨胀水箱直接向系统补水；采用其他定压方式时，如果补水压力低于补水点压力，应设置补水定压泵。

6.1.4 数据中心余热回收设备选择应适应热（冷）负荷全年变化规律，满足季节性及部分热负荷运行要求。

6.1.5 取热侧循环泵宜采用定流量控制运行，供热侧循环泵宜采用变流量控制运行；循环泵台数不宜少于2台，设置3台或3台以下循环泵并联运行时，应设备用泵；当4台或4台以上泵并联运行时，可不设备用泵；当所有的同级水泵均采用变速调节方式时，台数不宜过多。循环泵选型应根据管网水力计算选择和配置，并应保证水泵工作时高效率运行；应选择具有水流量增大而扬程逐渐下降特性的水泵。

## 6.2 风侧热回收系统

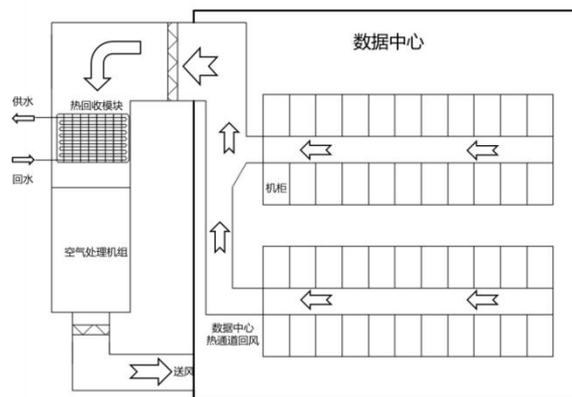


图1 空气侧余热回收示意图

6.2.1 利用空气-空气换热器构成的空气侧余热回收模块，可回收的热空气温度约为25~45℃；利用空气-水换热器构成的空气侧余热回收模块，可回收的热水温度约为15℃~20℃。

6.2.2 风侧余热回收系统可增设于数据中心所有利用风冷技术进行散热的制冷系统，其中包含各类风冷系统及冷板式液冷系统中利用风冷散热的部分。

6.2.3 风侧余热回收宜从数据中心回风管道处取热。

6.2.4 无冬季热源，只维持防冻温度的用热房间，且数据中心与用热房间距离较近的宜采用直接回收热通道空气。

6.2.5 热用户用热需求较大的一类余热资源，宜采用热泵机组提升或设置其他热源补足后利用。

### 6.3 热泵热回收系统

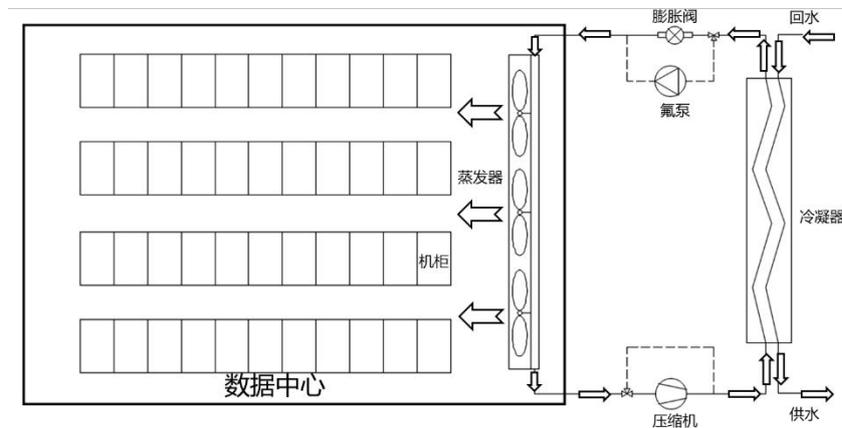


图2 热泵侧余热回收示意图

- 6.3.1 利用氟-空气换热器构成的热泵侧余热回收模块，可回收的热空气温度为 25℃-35℃；利用氟-水换热器构成的热泵侧余热回收模块，可回收的热水温度为 40℃-45℃。
- 6.3.2 热泵侧余热回收系统可增设于通过制冷剂导出数据中心热量进行散热的部分，其中包括各类风冷系统中包含传统机械制冷及液冷系统中冷却液散热的部分。
- 6.3.3 热泵侧余热回收系统应从冷凝器入口处取热，液冷系统一次循环冷却中应从冷却液分配单元出液口取热。
- 6.3.4 小型数据中心，热用户对热品质要求较低时，宜采用热泵侧热回收系统。
- 6.3.5 用户对热水品质较高要求时，可增加设加热器或引如其他热源，提高热源品质。
- 6.3.6 热回收系统管径、管材和管道配件等应按产品技术要求选用，应满足国家相关产品技术标准要求。

## 6.4 水侧热回收系统

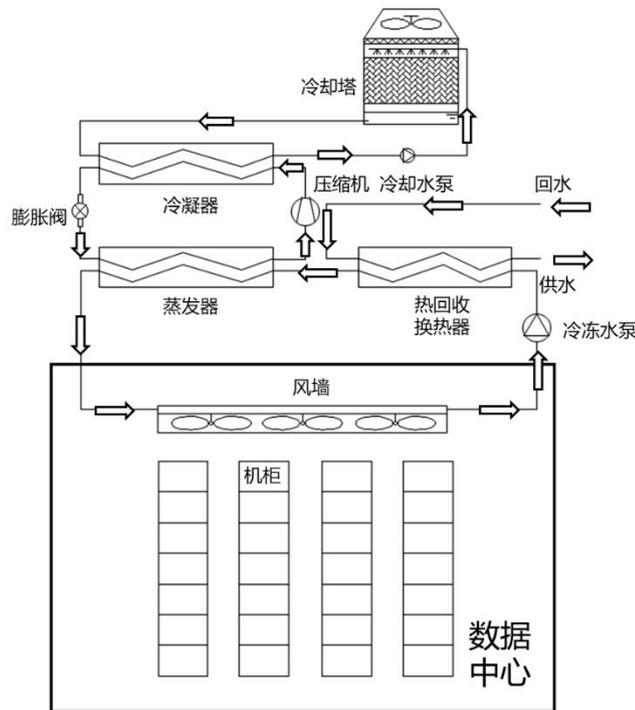


图3 水侧余热回收示意图

6.4.1 在集中式冷冻水系统中，利用水-水换热器构成的余热回收模块，可在冷却水侧回收的热水温度为 $30^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，可在冷冻水侧回收的热水温度为 $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ；在液冷系统中，在液冷系统一次侧建立热回收模块可回收的热水温度为 $40^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，在液冷系统二次侧建立热回收模块可回收的热水温度为 $50^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

6.4.2 水侧余热回收系统可增设于数据中心传热介质为水的系统换热部件或管道，其中包含冷却水、冷冻水两部分。

6.4.3 水侧余热回收应从各水系统回水处取热。

6.4.4 大型数据中心，热用户对热源要求高、对热源水水质要求较高且热回收压力控制要求低，宜采用冷冻水系统余热回收形式。

6.4.5 中小型数据中心，热用户对热源要求低、对热源水水质要求较低且热回收压力控制要求高，宜采用冷却水系统余热回收。

6.4.6 水侧余热回收系统循环水应设置水处理装置，补水水量不宜大于循环水量的 $0.1\%$ 且补充水系统设计流量宜为循环水量的 $0.5\%\sim 1.0\%$ 。

## 7 场地布置

7.1 数据中心余热回收设施总平面布置应以余热回收工艺流程顺畅为原则，在数据中心总平面布置的基础上充分利用场地的自然条件，以数据中心机房为热源中心进行规划布置。

7.2 数据中心余热回收总平面布置应满足数据中心安全、环保和卫生的要求，宜采用建（构）筑物联合布置和多层布置形式。

7.3 数据中心余热回收设施应根据工艺设计进行布置，满足系统运行、运行管理、人员操作和安全、设备和物料运输、设备散热、安装和维护的要求。

7.4 建（构）筑物的布置应符合下列规定：

7.4.1 余热回收建（构）筑物的平面布置应满足工艺流程要求，根据生产设施功能要求布置；

7.4.2 余热回收场内建（构）筑物之间间距、建（构）筑物与相邻的铁路、道路间的防火距离、消防通道等应符合国家现行有关防火标准的规定。

## 8 公用辅助设施

### 8.1 供配电

8.1.1 余热回收系统供配电应不影响数据中心电子信息设备的运行，供配电系统应为电子信息系统的可扩展性预留备用容量。

8.1.2 户外供电线路不宜采用架空方式敷设。

### 8.2 信息与智能化

8.2.1 数据中心余热回收系统应设置总控中心、环境和设备监控系统、安全防范系统、火灾自动报警系统、数据中心基础设施管理系统等智能化系统，敷设在隐蔽通风空间的配电线路宜采用低烟无卤阻燃铜芯电缆。电缆应沿线槽、桥架或局部穿管敷设；活动地板下作为空调静压箱时，电缆线槽（桥架）或配电母线的布置不应阻断气流通路。

8.2.2 智能化各系统可集中设置在总控中心内，各系统设备应集中布置，供电电源应可靠，宜采用独立不间断电源系统供电；当采用集中不间断电源系统供电时，各系统应单独回路配电。

8.2.3 智能化系统宜采用统一系统平台，系统宜采用集散式或分布式网络结构及现场总线控制技术，并应支持各种传输网络和多级管理。系统平台应具有集成性、开放性、可扩展性及可对外互联等功能。系统采用的操作系统、数据库管理系统、网络通信协议应采用国际上通用的系统和协议。

8.2.4 智能化系统应具备显示、记录、控制、报警、提示及趋势和能耗分析功能。

### 8.3 给水排水

8.3.1 数据中心余热回收系统不应有与主机房内设备无关的给排水管道穿过主机房，相关给排水管道不应布置在电子信息设备的上方进入主机房的给水管应加装阀门。

8.3.2 采用水冷冷水机组的冷源系统应设置冷却水补水储存装置，储存时间不应低于当地应急水车抵达现场的时间，当不能确定应急水车抵达现场的时间时，A级数据中心可按12h储水。

8.3.3 数据中心内的给水排水管道应采取防渗漏和防结露措施。

8.3.4 穿过主机房的给水排水管道应暗敷或采用防漏保护的套管。管道穿过主机房墙壁和楼板处应设置套管，管道与套管之间应采取密封措施。

8.3.5 辅助区设有地漏时，应采用洁净室专用地漏或自闭式地漏，地漏下应加设水封装置，并应采取防止水封损坏和反溢措施。

#### 8.4 建（构）筑物

8.4.1 主机房和辅助区不应布置在用水区域的直接下方，不应与振动和电磁干扰源为邻。

8.4.2 建筑平面和空间布局应具有灵活性，并应满足数据中心的工艺要求

8.4.3 数据中心余热回收系统的用水区域不应布置在主机房和辅助区的直接下方，不应与振动和电磁干扰源为邻。

8.4.4 数据中心余热回收系统设置不应影响数据中心的抗震设防类别。

8.4.5 改建的数据中心增设数据中心余热回收系统应根据荷载要求进行抗震鉴定，抗震设防类别不应低于丙类，新建 A 级数据中心的抗震设防类别不应低于乙类。

### 9 能效评价方法

#### 9.1 热回收电能利用效率

9.1.1 热回收电能利用效率 rPUE (heat recovery and electric power utilization efficiency) 可评估热能回收系统的效率和经济性。

9.1.2 热回收电能利用效率 rPUE 宜按下式进行计算：

$$rPUE_i = \frac{P_{Ni} - P_{HRi}}{P_{Ti}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：P<sub>Ni</sub> ——第i个分区的非IT设备一年的耗电量，kj；  
 P<sub>HRi</sub> ——第i个分区的一年内热回收利用的能量，kj；  
 P<sub>Ti</sub> ——第i个分区的IT设备一年的耗电量，kj。

#### 9.2 热回收率

9.2.1 热回收率（HRA）可评估数据中心在回收废热方面的效果。

9.2.2 热回收率（HRA）宜按下式进行计算：

$$HRUA = \frac{Q_h}{Q_s} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：Q<sub>h</sub> ——热回收设备回收的热量，kj；  
 Q<sub>s</sub> ——数据中心产生的废热总量，kj。

#### 9.3 热回收效益

9.3.1 热回收效益（HRE）可评估引入热回收设备的投资回报情况，从而确定热回收系统的实际收益和经济性。

9.3.2 热回收效益（HRE）宜按下式进行计算：

$$HRE = N_j - N_h \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中： $N_j$  ——通过热回收设备回收的热能量一年节约的能源费用，万元；  
 $N_h$  ——热回收设备投资成本，万元。

## 9.4 水利用效率

9.4.1 表征数据中心水利用效率（WUE）的参数，其数值为数据中心内所有用水设备消耗的总水量与所有电子信息设备消耗的总电能之比。

9.4.2 数据中心水利用效率（WUE）宜按下式进行计算：

$$WUE = \frac{Q_w}{Q_{IT}} \dots\dots\dots (14)$$

式中： $Q_w$  ——数据中心内所有用水设备消耗的总水量；  
 $Q_{IT}$  ——数据中心内所有电子信息设备消耗的总电能。

## 10 节能和环保

### 10.1 节能

10.1.1 数据中心余热回收系统应坚持安全高效原则，采用节能型新技术、新工艺、新设备、新材料。

10.1.2 数据中心余热回收系统若增设热泵机组，热泵机组宜选用 1 级能效产品。

10.1.3 输送热媒的设备、管道、管件、阀门等应采取相应保温措施。

### 10.2 环保

10.2.1 数据中心余热回收系统补充水净化处理产生的废水或回风取热产生的冷凝水应进行处理。

10.2.2 数据中心余热回收系统设备应优先选用低噪声设备。暴露在室外的设备，当其噪声达不到环境噪声标准要求时，应采取降噪措施。

10.2.3 水泵、风机等设备宜设置隔振器，进口、出口管道应柔性接头。水泵出口设止回阀时，宜选用具有消除水锤功能的止回阀。受设备振动影响的管道应采用弹性支、吊架。

## 附录 A

(资料性)  
数据中心余热应用方式

表 A.1 数据中心余热应用方式

余热回收形式	实际应用方式
生活用热	数据中心余热资源可应用于市政供热系统与园区供热系统中，余热资源用于市政供热时可将夏季数据中心产生的余热储存至市政管网中，余热资源还可通过供热系统与生活用热水系统结合，同时可进行全年供给。
工业用热	数据中心余热资源可应用于工业过程中，数据中心余热可直接或间接用于污水处理、海水淡化等工业生产。
农业用热	数据中心余热资源可应用于农业过程中，数据中心余热可直接或间接作为动植物生长提供适宜的温度环境用于农业生产，如：西藏宁算大数据中心应用直接蒸发冷却余热回收机组将数据中心余热应用于农业生产。
制冷用热	数据中心余热资源可应用于蒸发冷却系统中，通过采用可低温还原的吸湿介质的转轮除湿装置或辅以其他热源的溶液除湿装置，对间接蒸发冷却一次空气进行除湿，以降低其湿球温度，从而降低蒸发冷却系统制取的冷风或冷水的温度。
	数据中心余热资源可应用于吸收式制冷系统中，利用吸收式制冷机可利用数据中心的余热以及在太阳能或其他热源的辅助下制取冷水。
发电用热	数据中心余热资源可应用于有机朗肯循环进行发电，通过采用氢氟碳化合物等具有合适的热性能、饱和温度相对较低的工质将其作为有机朗肯循环的循环工质时工质时，可使其在数据中心余热的驱动下运行。

## 参考文献

- [1] GB/T 1028 工业余热资源评价方法
  - [2] GB/T 8175 设备及管道绝热设计导则
  - [3] GB/T 13234 企业节能量计算方法
  - [4] GB/T 16803 供暖、通风、空调、净化设备术语
  - [5] GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
  - [6] GB/T 19409 水（地）源热泵机组
  - [7] GB/T 29044 采暖空调系统水质
  - [8] GB/T 33567 工业园区循环经济评价规范
  - [9] GB 50016 建筑设计防火规范
  - [10] GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
  - [11] GB/T 50050 工业循环冷却水处理设计规范
  - [12] GB 50052 供配电系统设计规范
  - [13] GB 50054 低压配电设计规范
  - [14] GB 50055 通用用电设备配电设计规范
  - [15] GB 50174 数据中心设计规范
  - [16] GB 50189 公共建筑节能设计标准
  - [17] GB 50974 消防给水及消火栓系统技术规范
  - [18] GB 51245 工业建筑节能设计统一标准
  - [19] YB/T 4882 钢铁余热资源梯级综合利用导则
  - [20] T/DZJN 10 数据中心蒸发冷却空调技术规范
  - [21] T/DZJN 27 数据中心蒸发冷却空调设备
  - [22] T/DZJN 81 数据中心蒸发冷却水质标准
-